УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ **ОБРАЗАЦ – 6**
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

1. Датум и орган који је именовао комисију:

   Решење Декана Факултета техничких наука у Новом Саду на основу одлуке Наставно-научног већа Факултета бр. **012-199/32-2023** од **18.7.2024.** године.

2. Састав комисије у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду*:

1.	др **Срђан Вукмировић**	Редовни професор	Аутоматика и управљање системима, 27.01.2022.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Факултет техничких наука, Нови Сад		Председник комисије
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2.	др **Јелица Протић**	Редовни професор	Рачунарска техника и информатика, 01.11.2017.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Електротехнички факултет, Београд		Члан комисије
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3.	др **Себастијан Стоја**	Доцент	Примењено софтверско инжењерство, 01.10.2022.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Факултет техничких наука, Нови Сад		Члан комисије
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4.	др **Дарко Чапко**	Редовни професор	Аутоматика и управљање системима, 12.07.2022.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Факултет техничких наука, Нови Сад		Ментор
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5.	др **Имре Лендак**	Ванредни професор	Примењено софтверско инжењерство, 27.09.2023.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Факултет техничких наука, Нови Сад		Ментор
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1. Име, име једног родитеља, презиме:
   Марина, Зоран, Станојевић
2. Датум рођења, општина, држава:
   25.6.1992. Нови Сад, Србија

3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив:

   Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Примењено софтверско инжењерство, Мастер инжењер електротехнике и рачунарства

4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:

   Школска 2016/2017, Енергетика, електроника и телекомуникације

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Развој безбедне микросервисне архитектуре у критичним инфраструктурним системима

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација написана је на **96** страна А4 формата на српском језику. Дисертација садржи **6** поглавља уз додатне сегменте библиографију и биографију и додатке. Садржи **15** слика, **8** табела и **102** навода литературе.

Докторска дисертација се састоји од следећих поглавља:

1. Увод
2. Теоријске основе
3. Анализа безбедности ИКС
4. Предлог безбедне архитектуре система
5. Верификација безбедности предложене архитектуре
6. Закључак

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Прво поглавље садржи описан мотив за писање ове докторске дисертације. Дат је кратак опис проблема који се решава, описана основна мотивација за истраживање и на крају су дефинисане хипотезе, циљеви и резултати истраживања. Комисија закључује да су предмет истраживања, циљеви дисертације и истраживачке хипотезе прецизно и адекватно дефинисани.

У оквиру **другог поглавља**, дат је теоријски увод области које су предмет истраживања у докторској дисертацији. Оно садржи опис критичних инфраструктура, изазове у њиховој безбедности, микросервисну архитектуру, спој микросервисне архитектуре, рачунарства у облаку и како модел нултог поверења може да помогне у постизању безбедности микросервиса. На крају и шта то подразумева безбедна архитектура, које су кључне безбедносне основе и како тестирати безбедност система. Поред тога, садржи и приказ актуелног стања у областима истраживања. Области од интереса су безбедност микросервисне архитектуре, безбедност у облаку, значај инсајдерских претњи, претње над критичним инфраструктурама, стандарде, смернице и законске оквире који су применљиви на критичне инфраструктуре. Свеукупно, ово поглавље пружа дубље разумевање тренутних изазова у безбедности микросервисних система и критичних инфраструктура, постављајући основу за даље истраживање. Комисија сматра да су теоријска разматрања и аргументација потребе за истраживањем на дату тему јасни и оправдани.

У **трећем поглављу** је описан изабрани референти систем, његова архитектура, компоненте и токови података између њих. Садржи и опис процеса прављења модела претњи система са микросервисном архитектуром. Извршена је анализа рањивости архитектуре предложеног референтног система и дефинисан модел претњи. Комисија сматра да су приказана разматрања битна за практичну примену истраживања и адекватно повезана са резултатима досадашњих истраживања.

У оквиру **четвртог поглавља**, дат је предлог безбедне архитектуре система као и скуп

сигурносних мера који морају бити задовољене како би се вероватноћа експлоатисања нађених рањивости смањила. Описани су и нефункционални безбедносни захтеви за критичне инфраструктуре. Комисија сматра да су резултати истраживања представљени јасно и концизно.

Поглавље пет садржи имплементацију STRIDE методологије над предложеном безбедном архитектуром као и резултате ове анализе, што уједно представља валидацију архитектуре и нефункционалних безбедносних захтева. Комисија сматра да спроведена валидација предложене архитектуре потврђује резултат истраживања и његову усаглашеност са претходним истраживањима у области разматране проблематике, као и практичну применљивост решења.

Шесто поглавље је последње поглавље дисертације где су сумирани доприноси. На самом крају поглавља изнет је преглед даљих праваца истраживања. Комисија сматра да су резултати добро протумачени и адекватно повезани са постављеним хипотезама.

На основу изложених ставова, Комисија позитивно оцењује све делове докторске дисертације.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:

1. **Станојевић М.**, Чапко Д., Лендак И., Стоја С., Јелачић Б. Fighting Insider Threats, with Zero-Trust in Microservice-based, Smart Grid OT Systems, *Acta Polytechnica Hungarica*, Vol. 20, No. 6, pp. 229-248, 2023, DOI: 10.12700/APH.20.6.2023.6.13 (M23)
2. Јелачић Б., Лендак И., Стоја С., **Станојевић М.**, Росић Д. Security Risk Assessment-based Cloud Migration Methodology for Smart Grid OT Services, *Acta Polytechnica Hungarica*, Vol. 17, No. 5, pp. 113-134, 2020, DOI: 10.12700/APH.17.5.2020.5.6 (M23)
3. Јелачић Б., Росић Д., Лендак И., **Станојевић М.**, Стоја С. STRIDE to a secure smart grid in a hybrid cloud, *Computer Security: ESORICS 2017 International Workshops, CyberICPS 2017 and SECPRE 2017, Oslo, Norway, September 14-15, 2017*, Revised Selected Papers 3, pp. 77-90. Springer International Publishing, 2018. ISBN: 978-3-319-72817-9 (M33)

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

Задатак докторске дисертације је био да докаже следеће хипотезе:

- X1: Могућ је развој безбедне архитектуре индустријског контролног система базираног на микросервисима у рачунарском облаку.
- X2: Принцип нултог поверења је применљив у индустријским контролним системима.
- X3: STRIDE методологија за анализу ризика је применљива и у контексту развоја модерних индустријских контролних система са микросервисном архитектуром.

Као референтни систем над којим је спроведена анализа рањивости и предложена безбедна архитектура је изабран ОТ систем који задовољава следеће критеријуме:

- Систем је део критичне инфраструктуре,
- Имплементиран је у микросервисној архитектури,
- Постављен је у рачунарски облак,
- Садржи сервисе различитих функционалности које немају исти ниво критичности.

Наведене хипотезе су доказане у докторској дисертацији и презентовани резултати описани у наставку. Први резултат је дефинисан скуп безбедносних мера које морају бити имплементиране у архитектури критичне инфраструктуре како би се смањио ризик од напада. Други резултат је списак нефункционалних безбедносних захтева које критична инфраструктура мора да задовољи. Доказано је да је принцип нултог поверења применљив на архитектуру референтног ИКС система. Извршена је анализа ризика

предложене архитектуре користећи STRIDE методологију и доказано да је ова методологија применљива на модерне ИКС са микросервисном архитектуром.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

Резултати истраживања су приказани и тумачени јасно и прегледно уз навођење претходних истраживачких резултата у овој области. Формирани закључци у раду су поткрепљени одговарајућим теоријским анализама и резултатима истраживања и у складу са дефинисаним циљевима истраживања и постављеним хипотезама. Комисија позитивно оцењује начин на који су резултати приказани и тумачени и закључује да је докторска дисертација оригинално ауторско дело аутора.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1) Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?

   Да, докторска дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2) Да ли дисертација садржи све битне елементе?

   Да, дисертација садржи све битне елементе.

3) По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

   Један од резултата дисертације је дефинисање потребног нивоа безбедности кроз безбедносне нефункционалне захтеве за критичне инфраструктуре имплементиране користећи микросервисну архитектуру и рачунарски облак. Други резултат је безбедна архитектура оваквог система у којој су предложене мере које је потребно применити како би се задовољили споменути нефункционални захтеви. Тиме је показано да безбедност није препрека за коришћење модерних технологија као што су микросервиси и рачунарски облак у критичним инфраструктурама. Процес анализе ризика над референтним системом је такође приказан у дисертацији у склопу кога су наведене пронађене рањивости. Предложена безбедна архитектура референтног система је валидирана, чиме је утврђено да испуњава безбедносне захтеве. Развој безбедне архитектуре је процес чија примена је шира од критичних инфраструктура, исто важи и за предложене безбедносне мере. Истраживање пружа и свеобухватни преглед тренутног стања у области индустријских комуникационих система, стандарда, смерница, законских оквира, безбедносних захтева у микросервисној архитектури, рачунарског облака, безбедности софтвера и примене методологије за процену безбедносних ризика. Анализа литературе и синтеза релевантних информација чине основу за разумевање тренутних изазова и прилика у овој области. Овај свеобухватан приступ чини дисертацију значајним доприносом научном пољу.

4) Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?

   Дисертација нема ни суштинских ни формалних недостатака који би утицали на резултат истраживања и квалитет докторске дисертације.

5) Образложење резултата провере оригиналности рада (нумерички и наративно):

   Текст дисертације је проверен помоћу софтвера за детекцију плагијаризма „iThenticate“. Установљен је проценат сличности са другим изворима од 4% што не указује на елементе плагијаризма.

X ПРЕДЛОГ:

Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију под насловом „**Развој безбедне микросервисне архитектуре у критичним инфраструктурним системима**“ и предлаже да се докторска дисертација прихвати, а да кандидаткињи **Станојевић Марини** одобри њена одбрана.

На основу наведеног, комисија предлаже:

а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана;

б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени);

в) да се докторска дисертација одбије.

1. др Срђан Вукмировић, редовни професор

_____, председник

2. др Јелица Протић, редовни професор

_____, члан

3. др Себастијан Стоја, доцент

_____, члан

4. др Дарко Чапко, редовни професор

_____, ментор

5. др Имре Лендак, ванредни професор

_____, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.